



GRADO EN INGENIERA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

Implementación de técnicas de Investigación de operaciones para mejorar la productividad en el proceso de recogida en la planta de Conforama

Presentado por:

Andrés Arévalo García

Dirigido por:

Isabel Mundi Sancho

CURSO ACADEMICO 2023-2024

Resumen

Conforama es una empresa que comercializa una gran variedad de productos para el hogar. Su planta de distribución es operada por DHL y cuenta con una ubicación estratégica en Liria, Comunidad Valenciana. La planta está distribuida según las características del producto; estos se agrupan según sus dimensiones, uso y peso. DHL se encarga de recibir, almacenar y enviar los productos a los diferentes puntos de venta de España y Portugal, por lo que la distribución en planta y la ruta de recogida debe ser optimizada al máximo para cumplir con la demanda de Conforama.

Desarrollar un modelo de programación lineal que permita optimizar la recogida de productos en un pedido, resulta determinante para mejorar la productividad de la planta. Algunas de las variables que se deben tener en cuenta para la creación del modelo son los tiempos muertos, distancia entre productos en segundos, rotación del producto y número de operarios por día. Utilizando herramientas como el diagrama de Pareto, análisis DAFO e inventario ABC se podrá tener una visión general de la operación interna de la planta de distribución. Posteriormente, la creación del modelo permitirá determinar qué fallos o posibilidades de mejora se pueden implementar para optimizar la operación de Conforama. El estudio concluyó que al implementar estas herramientas se mejora la productividad un 9% respecto a la operación actual.

Palabras clave: Modelo de optimización logística, distribución en planta, optimización en planta, inventario ABC-XYZ, análisis de Pareto, análisis DAFO, investigación de operaciones.

Abstract

Conforama is a company that markets a wide variety of home products. Its logistics and operations is operated by DHL, and the main distribution center is based in Liria, Valencian Community. This distribution center is organized by classifying products into groups according to their dimensions, use-case and weight. DHL is responsible for the reception, storage and shipping of the products across Spain and Portugal. Considering this distribution center determines the operation across two countries, it is important to optimize the layout and order preparation to ensure a consistent and efficient process that meets Conforama's demand.

Developing a linear programming model that allows optimizing order preparation becomes crucial to drive productivity. Some variables are specially important as product rotation, number of operators per day, distance between products (seconds), among others. By deploying tools such as the Pareto diagram, SWOT analysis and ABC inventory, it is possible to gain valuable insights on the internal operation of the distribution plant. Subsequently, this enables the identification of the improvement opportunities that may increase the company's productivity. This study concluded that implementing a standardized product preparation sequence will effectively improve productivity by 9%, when comparing to the current operation.

Keywords: Logistics optimization model, plant layout optimization, plant optimization, ABC-XYZ inventory, Pareto analysis, SWOT analysis, operations research.

Índice

1. Introducción	6
1.1 Antecedentes.....	6
1.2 Descripción del problema	7
1.3 Motivación	8
1.4 Alcance del trabajo	9
1.5 Objetivo principal.....	9
1.5.1 Objetivos parciales	10
2. Marco teórico.....	11
2.1 La empresa: Conforama	11
2.1.1 Introducción a Conforama.....	11
2.1.2 Cadena de Valor	12
2.1.3 Centro de distribución de Conforama	13
2.1.4 Productos de Conforama.....	15
2.1.5 Lay-out de la planta de distribución	18
2.1.6 Descripción del proceso de preparación de pedidos	20
2.2 Herramientas de análisis.....	21
2.2.1 Análisis FODA	21
2.2.2 Diagrama de Pareto.....	23
2.2.3 Inventario ABC	24
2.3 Diseño de modelo de optimización	25
2.3.1 Programación lineal	25
2.3.2 Modelo del viajero	28
3. Metodología	34
3.1 Procedimiento	34
3.2 Instrumentos empleados.....	35
4. Resultados y discusión	36

4.1	Análisis FODA	36
4.2	Diagrama de Pareto	38
4.3	Inventario ABC	41
4.4	Modelo de programación lineal	46
4.5	Comparación de KPIs	51
4.6	Discusión.....	54
5.	Conclusión.....	56
6.	Futuras líneas de investigación	58

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En el mundo actual, la sociedad experimenta una evolución constante que, con el paso del tiempo se ha traducido en un aumento en la competencia entre los diferentes sectores empresariales. Esto significa una mayor exigencia en la planificación, gestión y organización de las compañías para optimizar sus procesos y mantener su ventaja competitiva frente al mercado. Como lo expone Quero (2008), las ventajas competitivas “preservan los beneficios frente a los competidores, presentes o potenciales que buscan ventajas competitivas”.

Una de las áreas clave para aumentar la ventaja competitiva de las empresas es el proceso logístico, el cual abarca todas las actividades involucradas en la gestión de la cadena de suministro, desde la gestión del aprovisionamiento, pasando por la logística interna y finalizando con la gestión de la distribución. Esta área hace referencia a aquella parte del proceso de la cadena de suministro en el que se planifica, implementa y controla el almacenaje y flujo de bienes y servicios (Council of Logistics Management ((Frazelle,2011) El área logística entiende todo el proceso desde el punto de origen y de consumo “con el propósito de satisfacer las necesidades de los clientes (Quero,2008) Así pues, la planificación estratégica de esta área resulta clave para asegurar un correcto funcionamiento y abastecimiento para la óptima operación de una empresa.

En el pasado, las empresas de distribución se limitaban a usar grandes espacios (naves) para el almacenamiento de los productos y la mercancía, sin pensar que este proceso es una parte crucial para incrementar su ventaja competitiva. Desde que estas empresas empezaron a ser centros estratégicos, se ha podido valorar un impacto positivo en el rendimiento de las empresas. Entre los beneficios de una buena gestión del área logística destacan “la reducción de costes operativos, mejoría en la cadena de suministros y mayor satisfacción de parte del cliente” (Quero, 2008). Ahora bien, en la optimización

estratégica de estos procesos se deben considerar las restricciones particulares de cada empresa en cuanto a los recursos económicos, humanos y físicos, entre otros.

La mejora del rendimiento y/o productividad está estrechamente ligada con la capacidad de una empresa, por lo que a través de un análisis interno se puede definir el impacto que se puede lograr con los recursos empleados. No obstante, el aumento en la productividad debe considerarse partiendo de principios éticos y de responsabilidad con la sociedad y el medio ambiente. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, representan un marco fundamental en el desarrollo de las operaciones de las empresas. Es importante que las empresas implementen los ODS, ya que así demuestran su compromiso, creciendo económicamente a largo plazo y creando valor para las partes interesadas de la empresa. Además, estos ODS proporcionan una guía donde se pueden identificar y abordar los riesgos y oportunidades presentes del ámbito de la empresa. Algunos de los ODS presentes que abarca este estudio son, 8 trabajo decente y crecimiento económico, 9 industria, innovación e infraestructura, 12 producción y consumo responsable.

Mejorar la productividad del área logística de una empresa, significa entonces considerar cómo interactúan una serie de variables y establecer así la fórmula óptima para la operación, de una forma ética y responsable.

1.2 Descripción del problema

Conforama es una empresa fundada en 1991 y con una larga trayectoria en la península ibérica. Su operación logística es compleja puesto que su planta de distribución suministra productos a sus 39 tiendas en España y a 12 en Portugal. Si bien su planta de distribución cuenta con una alta capacidad de almacenaje y cuenta con una ubicación estratégica, asegurar la máxima eficiencia es imprescindible para impactar positivamente su operación en los dos países a los que suministra de productos.

Hasta el momento, su operación no está previamente determinada; cada operario posee una lista de los productos y debe decidir el orden de recogida. Si bien este proceso ha funcionado hasta el momento, posiblemente al considerar y establecer un método estandarizado de recogida de productos se pueda conseguir un proceso más eficaz que optimice su operación. Lo anterior considerando que el método que usan actualmente implica una gestión del tiempo reducida, pues los operarios no tienen en cuenta que los pasillos pueden encontrarse ocupados o elegir una ruta ineficiente. Cada aspecto que sea ignorado en una planta logística con alta operación como lo es la de Conforama, tiene un impacto directo en la productividad, traduciéndose los retrasos en un mayor tiempo de espera para los clientes a la hora de recibir los productos desde esta planta de distribución. También cabe recalcar que se están sobreutilizando recursos que requiere cada proceso o toma de decisión de los operarios durante la recogida de los productos.

El análisis de la operación logística mediante el uso de herramientas de investigación de operaciones como la programación lineal y la gestión de inventario, combinada con la utilización de herramientas de análisis de problemas como el análisis FODA y el análisis de Pareto permiten optimizar los procesos de una empresa. Para lograr lo anterior, resulta imprescindible un análisis interno de cada uno de los procesos que permita una visión detallada del funcionamiento de la planta de distribución.

1.3 Motivación

En el campo de la ingeniería industrial resulta de gran importancia la optimización de los procesos que permitan un mejor uso de los recursos en la empresa. El área de logística, representa uno de los mayores retos para las empresas con operación internacional, pues cada elemento complejiza aun más el proceso. La gestión óptima de esta área, en un mercado altamente competitivo, puede resultar en una mejora significativa tanto en los costes operativos, como la eficiencia y satisfacción del cliente. No obstante, establecer

un proceso logístico eficaz depende de diferentes variables que no son estáticas, por el contrario, varían según cada empresa y sector específico.

El presente trabajo de grado pretende abordar la necesidad de mejora continua del proceso logístico a través de un análisis detallado de la planta de distribución de Conforama. La importancia de este trabajo radica en su capacidad para mejorar la productividad de los operarios logísticos de la planta, logrando un impacto significativo en los resultados de la empresa.

1.4 Alcance del trabajo

El presente trabajo se sitúa geográficamente en la planta principal de Conforama que distribuye a España y Portugal. Por lo tanto, la planificación estratégica del área logística es esencial para poder suministrar eficientemente cada una de las tiendas físicas de Conforama. Se deben considerar los requerimientos específicos del sector, además de la capacidad de la empresa, para así crear el plan de acción más eficiente.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que los programas especializados para desarrollar modelos de programación lineal, y que permiten analizar más de 300 variables, son de pago. Por esta razón se utilizó Excel que permite analizar hasta 300 variables, lo que llevó a tener que limitar la cantidad de referencias de productos para implementar el modelo matemático.

1.5 Objetivo principal

Mejorar la productividad en la planta de Conforama utilizando las diferentes herramientas de análisis de problemas e investigación de operaciones, como el análisis DAFO, análisis de Pareto, inventario ABC y programación lineal.

1.5.1 Objetivos parciales

- Encontrar posibles fallos en la operación
- Identificar las diferentes variables que afectan a la productividad de la operación
- Reducir los riesgos laborales
- Optimizar los recursos empleados

2. Marco teórico

2.1 La empresa: Conforama

2.1.1 Introducción a Conforama

Conforama tiene una larga historia en la península ibérica cuando abrió su primera tienda el año 1991 en Cascais, Portugal. A partir de este año esta empresa continua con su expansión abriendo tiendas en el territorio español y Portugal como se puede ver en la figura 1. Este crecimiento dio como resultado un total de 51 tiendas con más de 300.000m2 de superficie de ventas, donde trabajan alrededor de 2.800 y logrando alcanzar 15 millones de visitas al año.

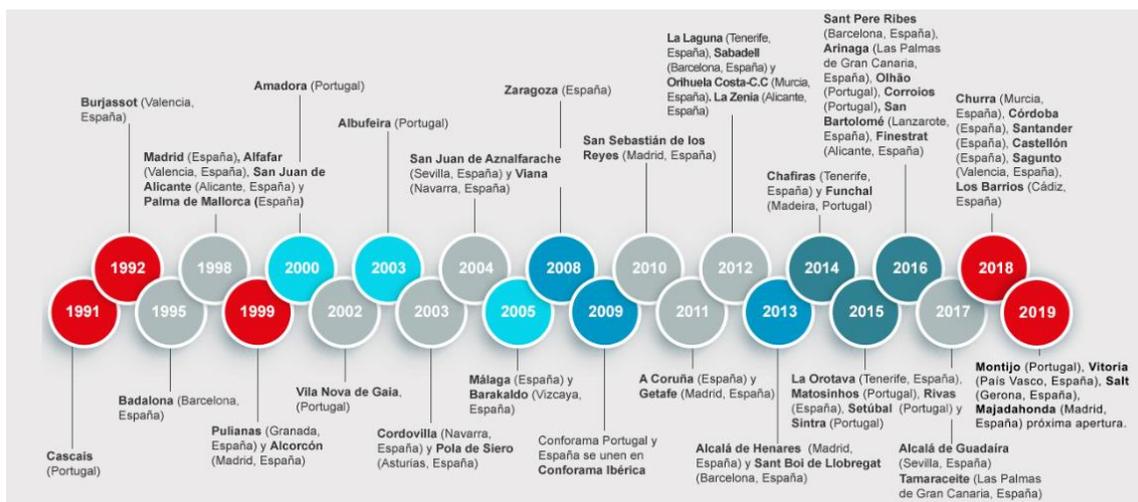


Figura 1 : Historia de Conforama en la Península Ibérica (Conforama, 2023)

La operación de Conforama está alineada con valor como confianza, familia, emprendimiento, pasión, entre otros. Lo que se ve reflejado en cada una de sus tiendas con un servicio especializado que brinda a los clientes una experiencia de compra única y diferente. Conforama establece como valores la “acogida, escucha, respeto, proximidad, desarrollo, resultado, reactividad, motivación, iniciativa, espíritu de equipo, ejemplaridad, profesionalidad y eficiencia” (Conforama, 2023)

2.1.2 Cadena de Valor

Conforama es una empresa de venta y distribución de artículos para el hogar como muebles, electrodomésticos, accesorios para el hogar, que opera en diferentes países de Europa. El modelo de negocio de Conforama se centra en ofrecer una experiencia de compra personalizada, siendo IKEA uno de sus principales competidores con un modelo de negocio similar (Rey, 2005). En sus tiendas los clientes pueden visualizar los diferentes productos en zonas de exposición como aparece en la figura 2, se asemejan a su hogar. Los vendedores están distribuidos por todas las secciones y brindan asesoría constante a los clientes. Por otro lado, según el peso y dimensiones del producto a comprar, Conforama ofrece a sus clientes el servicio de transporte al coche o al domicilio, brindando una experiencia más cercana.



Figura 2 : Sala de exposición de la tienda de Conforama en Lanzarote (Conforama 2023).

Los productos de Conforama generalmente deben ser armados en casa; se venden y distribuyen en sus respectivas cajas para su manipulación. No obstante, uno de los servicios de Conforama que aporta a una experiencia de

compra más positiva es el de montaje en casa, que por un costo adicional facilita al cliente el ensamblaje.

2.1.3 Centro de distribución de Conforama

La planta principal de Conforama en España se encuentra ubicada en Liria, y cuenta con 59.000 m² de superficie de almacenaje y un edificio administrativo de 1000 m. Esta planta de distribución está ubicada estratégicamente para ofrecer un servicio al cliente eficaz y rápido, ya que permite disminuir los plazos de entrega, y realizar una gestión óptima del inventario de los productos. De igual forma, acelera el desarrollo de comercio online.

Actualmente, Conforama cuenta con 39 tiendas en todo el territorio español y 12 en Portugal, un dato relevante ya que la planta de distribución debe tener la capacidad para abastecer a cada una de estas tiendas. Las tablas 1 y 2 reflejan la provincia y ciudad donde se ubican estas tiendas.

El operador logístico de esta planta es DHL Supply Chain Iberia, que se encarga de gestionar más de 7000 referencias y aproximadamente 6 millones de unidades de productos anuales. Estos productos son distribuidos a 23 provincias en España (tabla 1) y 4 provincias en Portugal (tabla 2) lo que representa un reto a nivel logístico, especialmente por la diferencia en el volumen y dimensión entre los artículos.

Tiendas en España		
#	Provincia	Tienda
1	Álava	Victoria
2	Alicante	Alicante
3	Alicante	Elche
4	Alicante	Finestrat, Benidorm
5	Alicante	La Zenia
6	Almería	Huercal de Almería
7	Asturias	Oviedo
8	Barcelona	Badalona
9	Barcelona	Sabadell
10	Barcelona	Sant Boi
11	Barcelona	Terrassa
12	Barcelona	Vilanova i la Geltru
13	Bizkaia	Barakaldo
14	Cádiz	Los Barrios
15	Cantabria	Santander
16	Castellón	Castellón
17	Córdoba	Córdoba
18	Girona	Salt
19	Granada	Granada
20	La Coruña	La Coruña
21	León	León
22	Lleida	Lleida
23	Madrid	Alcalá de Henares
24	Madrid	Alarcón
25	Madrid	Majadahonda
26	Madrid	Rivas
27	Madrid	San Sebastián de los Reyes
28	Málaga	Málaga
29	Murcia	Murcia
30	Navarra	Pamplona
31	Navarra	Viana
32	Santiago de Compostela	Santiago
33	Sevilla	Alcalá de Guadaira
34	Sevilla	Sevilla
35	Valencia	Alfajar
36	Valencia	Burjassot
37	Valencia	Sagunto
38	Zaragoza	Zaragoza
39	Zaragoza	Zaragoza by Sofas

Tabla 1 : Tiendas de Conforama en España (Conforama, 2023).

Tiendas en Portugal		
#	Provincia	Tienda
1	Faraón	Albufeira
2	Faraón	Olhao
3	Lisboa	Alta Lisboa
4	Lisboa	Aficionado
5	Lisboa	Cascais
6	Lisboa	Sintra
7	Puerto	Gaia
8	Puerto	Matosinhos
9	Setúbal	Corroios
10	Setúbal	Montijo
11	Setúbal	Setúbal
12	Funchal	Madeira

Tabla 2 : Tiendas de Conforama en Portugal. (Conforama, 2023).

El operador logístico de esta planta es DHL Supply Chain Iberia, que se encarga de gestionar más de 7000 referencias y aproximadamente 6 millones de unidades de productos anuales. Estos productos son distribuidos a 23 provincias en España (tabla 1) y 4 provincias en Portugal (tabla 2) lo que representa un reto a nivel logístico, especialmente por la diferencia en el volumen y dimensión entre los artículos.

2.1.4 Productos de Conforama

Conforama cuenta con una amplia variedad de productos; su catálogo incluye más de 7000 referencias. Con el fin de facilitar la comprensión de su catálogo, estos productos se han dividido en 3 grupos. Las características generales se detallan a continuación:

- Grupo 1: Muebles del hogar. Se caracterizan por ser productos de dimensiones grandes, aunque no necesariamente pesados, que requieren

de un mayor espacio para su almacenamiento y al menos dos operarios para moverlos. La rotación general media es del 35%. (tabla 3)

- Grupo 2: Artículos de decoración. Son productos de dimensiones más pequeñas que, aunque no sean pesados, ocupan un espacio de almacenaje importante por la gran cantidad de unidades que se tienen. Estos productos pueden ser manipulados por solo un operario y tienen una rotación general media del 32%. (tabla 4)
- Grupo 3: Artículos electrónicos. Presentan grandes dimensiones y mayor peso con respecto a los demás productos almacenados en la planta. La mayoría de estos productos deben ser manejados por más de un operario y, debido a sus dimensiones, requieren un gran espacio de almacenaje. La rotación general media de este grupo es del 33%. (tabla 5)

Los productos detallados que forman parte de cada grupo, así como la variedad y la rotación relativa de cada tipo de artículo en su grupo, se detallan en las tablas 3, 4 y 5.

Grupo 1: Muebles del hogar			
#	Productos (categoría)	Variedad (subcategoría)	Rotación %
1	Sofás	18	18%
2	Sillones	12	21%
3	Pufs	4	13%
4	Colchones	14	14%
5	Canapés	5	3%
6	Bases y somieres	6	10%
7	Camas	11	8%
8	Dormitorios	2	2%
9	Cabeceros	1	1%
10	Complementos para colchones	3	2%
11	Ropa de cama	6	3%
12	Muebles	12	5%
	total		100%

Tabla 3 : Productos categoría del grupo 1: muebles del hogar (Conforama, 2023).

Grupo 2: Artículos de decoración			
#	Productos (categoría)	Variedad (subcategoría)	Rotación %
1	Textil de baño	2	2%
2	Ropa de cama	6	4%
3	Cortinas y estores	4	9%
4	Cojines	4	13%
5	Fundas de sofá	1	3%
6	Textil cocina	2	5%
7	alfombras	8	8%
8	Complementos para sofás	2	2%
9	Decoración de pared	10	7%
10	Organización	9	6%
11	Objetos decorativos	12	16%
12	Iluminación	12	13%
13	Tendencia y temporadas	3	12%
	Total		100%

Tabla 4 Productos categoría del grupo 2: artículos de decoración (Conforama, 2023).

Grupo 3: Artículos electrónicos			
#	Productos (categoría)	Variedad (subcategoría)	Rotación %
1	Frigoríficos	8	6%
2	Congeladores	3	5%
3	Lavadoras	5	4%
4	Secadoras	6	3%
5	Hornos	7	8%
6	Placas de cocina	5	7%
7	Lavavajillas	3	7%
8	Campana extractoras	2	4%
9	Electrodomésticos	19	11%
10	Calefacción	9	4%
11	Climatización	2	3%
12	Calentadores de agua	2	6%
13	Belleza y salud	4	4%
14	Limpieza	2	2%
15	Audio y hifi	9	2%
16	Informática	4	1%
17	Gaming & streaming	2	1%
18	Smart home	3	2%
19	Wearables	2	2%
20	Televisión	5	6%
21	Movilidad urbana	5	1%
22	Telefonía	3	2%
23	Foto y video	4	3%
24	cable	4	3%
25	Consolas - videojuego	2	3%
	total		100%

Tabla 5 Productos categoría del grupo 3: artículos electrónicos (Conforama, 2023).

2.1.5 Lay-out de la planta de distribución

La distribución en planta o lay-out es una representación gráfica de la distribución física de los elementos que forman un espacio. En el caso de Conforama representa la distribución del almacén en el que se encuentran los productos. Los productos se distribuyen en los 3 grupos mencionados anteriormente, y se organizan en estanterías de tres niveles. En la figura 3 se

muestra un esquema de la organización del lay-out, en el que cada rectángulo verde, amarillo y azul representa una estantería. Las flechas indican el sentido en el que es posible circular por un pasillo. En los pasillos A, B y C hay dos sentidos de circulación, mientras que entre las estanterías el espacio es más limitado y únicamente hay un sentido de circulación.

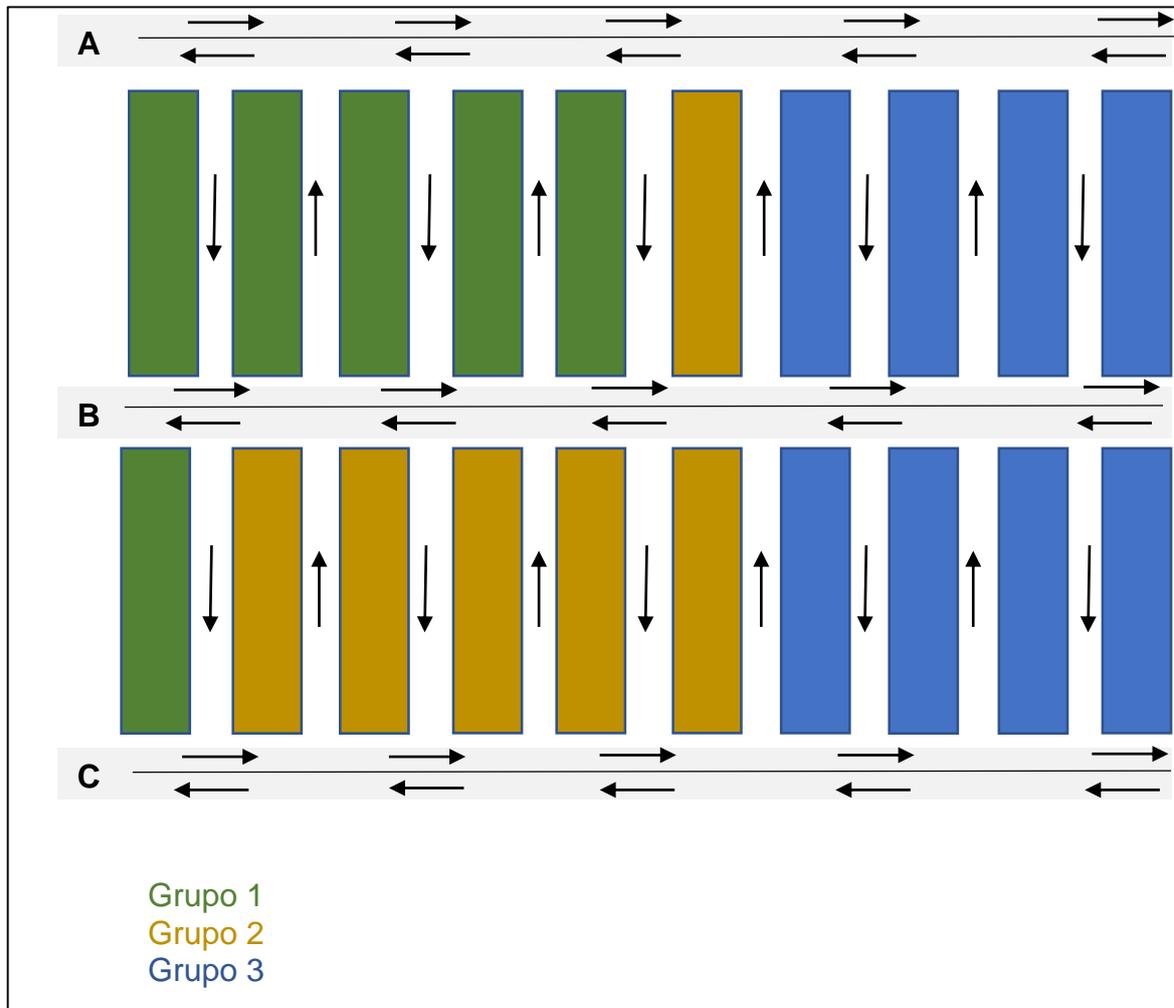


Figura 3 : Lay-out de planta de distribución de Conforama. Elaboración propia

El grupo 1 está ubicado en la zona verde ocupando 6 estanterías, el grupo 2 está ubicado en la zona amarilla utilizando 6 estanterías y el grupo 3 está ubicado en la zona azul utilizando 8 estanterías.

2.1.6 Descripción del proceso de preparación de pedidos

La planta de distribución de Conforama en Liria distribuye pedidos diariamente a los diferentes puntos de venta de Conforama, por lo que tener una logística planificada y optimizada es determinante para cumplir con la demanda de todas las tiendas a las que suministra. Los pedidos de las tiendas de Conforama se realizan a través de un software interno que permite a los operarios ver todos los detalles de un pedido (referencia, cantidad, dimensiones, peso y ubicación). Cada operario cuenta con un teléfono móvil que está conectado al software interno y que permite que accedan a la información de un pedido para proceder a su preparación y envío. No obstante, una de las mayores limitaciones de la operación actual de Conforama, es que el software interno no elabora una ruta o secuencia de recogida del pedido a preparar. Así bien, para que este sistema funcione, los operarios deben aprenderse la distribución en planta de cada uno de los productos y decidir la ruta que crean óptima para su recogida.

Los productos están organizados en estanterías de 3 pisos, las cuales varían en su volumen de carga. Para poder acceder a los pallets de los niveles superiores, los operarios deben usar maquinaria especializada que les permite maniobrar cargas pesadas para acceder a los productos que necesitan.

Un operario que trabaja jornada completa (8 horas) realiza una media de 85 pedidos por día. En promedio cada pedido está compuesto por 7 productos, por lo que los operarios tardan aproximadamente 5.6 minutos en prepararlo.

Con el fin de lograr una mayor comprensión de la operación de DHL, se estudió el histórico de pedidos para resaltar los siguientes datos:

- Un operario recoge en promedio 595 productos al día, de los cuales 222 tienen un tiempo de recogida mayor a 56 segundos
- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 147 tienen un tiempo de recogida de 40 a 56 segundos.
- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 119 tienen un tiempo de recogida de 36 a 40 segundos

- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 107 tienen un tiempo de recogida de 30 a 36 segundos

Actualmente, los KPIs de Conforama son los que aparecen en la tabla 6:

KPI	Valor	Medida
Numero promedio de líneas por operario en una jornada laboral	85	Líneas
Tiempo promedio por pedido	5,6	Minutos
Número promedio de productos recogidos por un operario en 85 líneas (una jornada laboral)	595	Productos

Tabla 6 :KPIs de Conforama. Información obtenida de Conforama.

2.2 Herramientas de análisis

2.2.1 Análisis FODA

El análisis FODA, por las siglas de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, es una herramienta que permite tener una visión externa e interna clara y amplia de una empresa, ya que permite desarrollar un diagnóstico preciso de la situación actual de una empresa y facilita la toma de decisiones informadas (Ramírez, 2017). Así bien el FODA se usa para identificar las condiciones de operación en una empresa, considerando sus cuatro aspectos principales, obteniendo como resultado una visión general que permite determinar acciones y estrategias para su beneficio (Ramírez, 2017).

Variables internas: Sobre las que la organización tiene control	Variables externas: Sobre las que la organización no tiene control
<p>Fortalezas</p> <p>Son aquellos factores internos que generan ventajas y beneficios para una compañía.</p> <p>Ejemplos: recursos humanos eficaces, activos valiosos, sistemas de trabajo eficientes, entre otros.</p>	<p>Oportunidades</p> <p>Son aquellos factores externos que implican circunstancias favorables para la empresa, y de ser detectadas pueden traer valor y favorecer la consecución de objetivos.</p> <p>Ejemplos: Competencia débil, necesidad del producto, tendencia favorable en el mercado, entre otros.</p>
<p>Debilidades</p> <p>Son aquellos factores internos que destacan una deficiencia o carencia. Las debilidades sitúan a la empresa en una posición vulnerable frente a sus competidores.</p> <p>Ejemplos: procesos ineficientes, equipo de trabajo inexperto, instalaciones inadecuadas, entre otros.</p>	<p>Amenazas</p> <p>Son aquellos factores externos que pueden afectar negativamente a una empresa, e identificarlas puede facilitar la creación de un plan de acción para reducir la incertidumbre y mitigar posibles riesgos.</p> <p>Ejemplos: Aumento de precio de los insumos, segmento de mercado contraído, tendencia desfavorable del mercado.</p>

Tabla 7 : Descripción de las variables del análisis FODA (Ramírez, 2017).

El FODA es de utilidad para las empresas en la medida en que les permite determinar áreas internas de mejora y sus puntos fuertes. Tal y como lo establece Ramírez (2017), “las estrategias de una empresa deben surgir de un proceso de análisis y concatenación de recursos y fines, además ser explícitas, para que se constituyan en una “forma” viable de alcanzar sus objetivos”. Este análisis considera tanto factores internos como externos considerando todos aquellos factores que pueden afectar su operación, como lo son los factores ambientales, económicos, tecnológicos y políticos. La descripción de las variables se realiza en la Tabla 7.

2.2.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta que establece que el 80% de los resultados provienen de un 20% de las acciones. Este concepto proviene del economista italiano Vilfredo Pareto, “quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada *Ley de Pareto* según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad” (García, 2023). El doctor Joseph Juran (1950, citado en García, 2023) amplió este concepto a la calidad, dando como resultado la regla 80/20 que hace referencia a que el 20% de las causas resuelve el 80% de los problemas en una empresa. Esta es una técnica gráfica que se utiliza para dividir los aspectos relevantes de un problema con el fin de que el equipo de trabajo pueda enfocar su esfuerzo de forma óptima.

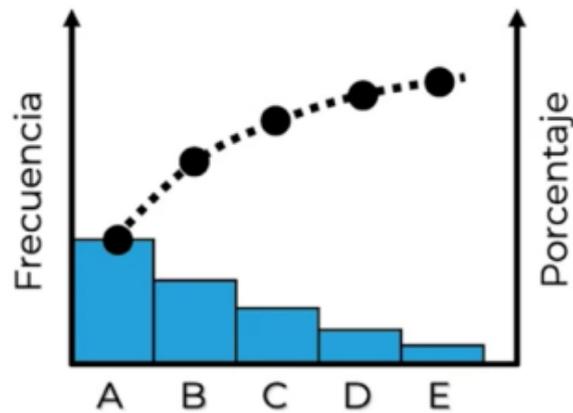


Figura 4 : Gráfico de un diagrama de Pareto (García, 2023).

En la Figura 4, las barras hacen referencia a la frecuencia de un determinado problema mostrando primero el que ocurre con más frecuencia hasta llegar al problema que ocurre con menos frecuencia. El punto más bajo de línea punteada comienza en la barra más alta (problema más incidente) y se van sumando las otras barras más pequeñas de forma ascendente. Para obtener una mejora significativa, se debe optar por reducir los problemas ubicados en las barras más largas (A y B), ya que “con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 80% de los problemas” (García, 2023).

El diagrama de Pareto permite realizar un análisis de causas y resultados de un problema, favoreciendo la planificación continua y la mejora de procesos dentro de una empresa. En síntesis, el diagrama permite visualizar de forma dinámica la forma en la que un problema progresa y mejora.

2.2.3 Inventario ABC

Esta herramienta permite clasificar el inventario en diferentes categorías (ABC). Para llevar a cabo la clasificación se basa en el diagrama de Pareto 80-20. Se tienen en cuenta factores como el valor monetario o rotación para agrupar los productos en alguna de las categorías. Esta técnica permite establecer un criterio que optimiza la organización de los productos dentro del almacén.

El inventario ABC dicta una guía con la cual se distribuyen los recursos para priorizar la gestión del inventario. Dando mayor importancia a los productos que más lo requieran, minimizando el gasto con los productos que menos lo requieran. En este orden de ideas, esta herramienta sirve como estrategia de distribución de productos de forma óptima en función de la relevancia en términos de valor o rotación (Aarón & Vargas, 2013). Los productos con clasificación A tendrán más rotación y representan para la empresa mayor valor por su demanda, por ende, mayor prioridad en cuanto al almacenamiento a comparación de los artículos con clasificación B y C.

2.3 Diseño de modelo de optimización

2.3.1 Programación lineal

La investigación de operaciones recopila diversas técnicas que permiten gestionar y mejorar la toma de decisiones para determinados procesos, teniendo en cuenta la particularidad y restricciones de cada problema. Estas técnicas son usadas en todas las industrias, y que favorece la consecución de objetivos empresariales. Lo anterior se puede lograr mediante la modelación matemática que “tiene como objetivo contemplar y describir las condiciones puntuales de un problema a resolver” (Alzate, 2022). En otras palabras, la modelación matemática permite describir un problema y sus restricciones, al mismo tiempo que ofrece su visualización en un algoritmo.

Un modelo de programación lineal se describe en cuatro secciones principales que sintetizan un problema, como se ve en la tabla 8, destacando las variables que se desean optimizar, las restricciones, las variables con las que se van a trabajar y una condición que especifica una no negatividad.

Sección	Descripción
Función objetivo	La función objetivo es la fórmula (expresión matemática) que se crea para maximizar o minimizar, representando un objetivo que se desea mejorar
VARIABLES DE DECISIÓN	Las variables de decisión o variables de ajuste representan una cantidad o unidad y sirven para delimitar un modelo de programación lineal
Restricciones limitantes	Un modelo de programación lineal debe tener en cuenta los recursos para poder utilizarlos al límite
Condiciones de no negatividad	Estas condiciones “aseguran que las variables de decisión sean positivas o iguales a cero” (Alzate, 2022)

Tabla 8 : Descripción de las secciones de un modelo de programación lineal.

La estructura del modelo matemático es (Masabel y Paz, 2019):

1. La función objetivo: Al calcular el mínimo de la función z es equivalente a calcular el máximo de la función -z

$$\text{Min } z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

(Ecuación 1)

o

$$\text{Max}(-z) = \sum_{j=1}^n -C_j X_j$$

(Ecuación 2)

2. Las restricciones vienen dadas por: Las restricciones se pueden escribir teniendo en cuenta el mismo principio, multiplicando la ecuación por -1 los dos miembros de la desigualdad.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq b_i \quad \leftrightarrow \quad \sum_{j=1}^n -a_{ij} X_j \leq -b_i$$

(Ecuación 3)

Las restricciones se pueden escribir con igualdad:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad \leftrightarrow \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + y = b_i$$

(Ecuación 4)

Donde la variable Y se le llama la variable de holgura y siempre es mayor o igual a cero.

Al hablar de un algoritmo se debe tener en cuenta que cada uno es específico para determinado caso, las variables, restricciones y lo que se desea optimizar varía. Un modelo de programación lineal se maximiza o minimiza de acuerdo a las necesidades de un problema; si se desea maximizar, normalmente se hace referencia a las utilidades, calidad y producción. De lo contrario, si se desea minimizar, se hace referencia a los recursos o costes (Alzate, 2022).

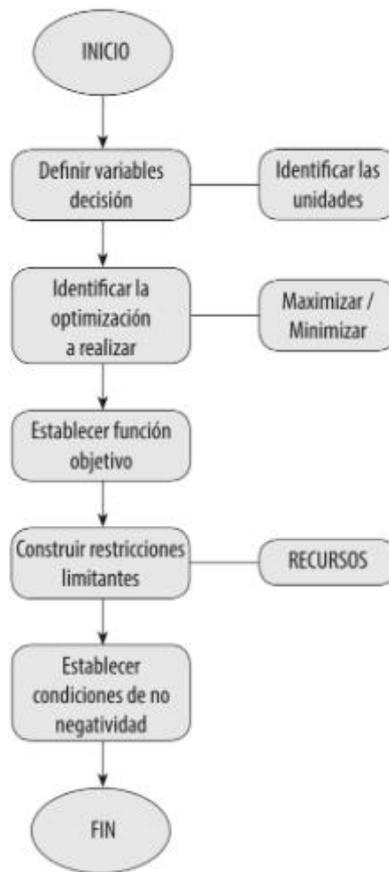


Figura 5 : Diagrama de flujo construcción de un modelo matemático (Alzate, 2022).

La figura 5 constituye una representación gráfica de un diagrama de flujo de construcción de un modelo matemático, donde se puede apreciar un vínculo entre un modelo matemático y técnicas para una solución factible y óptima. Es importante tener en cuenta este diagrama de flujo debido a que facilita la visualización del proceso a optimizar. Además, permite identificar patrones o tendencias en los datos, que no se ven a simple vista al analizar únicamente los números.

2.3.2 Modelo del viajero

El problema del agente viajero es un problema de redes que busca conectar una cantidad determinada de puntos sin repetir el recorrido. Lo anterior con el objetivo de optimizar el recorrido (distancia) y por ende el tiempo

de toda la ruta en general. Las rutas de recogida y organización del almacén son uno de los mayores retos del área logística, y el principal objetivo es lograr la mayor eficiencia para reducir costos y aumentar beneficios.

A continuación, se analizarán dos modelos de programación lineal que plantean soluciones diferentes para el problema del agente viajero

La primera forma de resolver el problema del agente viajero es mediante el siguiente modelo matemático (Royo et al, 2021):

$$\min \sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N_0} d_{ij} X_{ij} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$\text{sujeto a } \sum_{j \in N_0} X_{ij} = 1 \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$\sum_{j \in N_0} y_{ji} = 0 \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$y_{ij} \leq n X_{ij} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad (\text{Ecuación 10})$$

La ecuación 5 que hace referencia a la función objetivo, busca minimizar la distancia recorrida. Por otro lado, las siguientes dos ecuaciones 6 y 7 representan las restricciones, determinando que no se repite una ruta. La ecuación 8 determina si se pase por la ruta I,J. la ecuación 9 dice que la variable X_{ij} es binaria y finalmente, en la ecuación 10 que es una variable no negativa.

Por otro lado, el problema del agente viajero también puede resolverse mediante este modelo desarrollado por reyes et al (2017).

El primer paso es plantear el modelo matemático que se adapte a las necesidades del problema (Reyes et al, 2017):

Variables de decisión:

Xij: Decision de tomar la distancia de i a j

Función objetivo:

$$\text{Minz } C_{ij}X_{ij}$$

(Ecuación 11)

Donde:

I,J: indica el arco utilizado

Cij: es la longitud del arco

Xij: es la variable binaria

Restricciones

Cada nodo debe tener unicamente dos rutas

$$X_{ij} = 2$$

(Ecuación 12)

$$X_{ij} \in \{0,1\}$$

(Ecuación 13)

Las variables se plantean para determinar el punto de origen y el punto a desplazarse. En la ecuación 11 se hace referencia a la función objetivo, y se busca minimizar el recorrido indicando la dirección y longitud. La ecuación 12 determina que no se pueden repetir las rutas ya tomadas. Por último, la ecuación 13 determina que la variable Xij es binaria.

Para este ejemplo se tomó una población de afiliados y colaboradores de las oficinas de Chimbotes y los clientes. La muestra estuvo constituida por un total de 23 afiliados, y al tener los datos de la ubicación de cada afiliado se procedió a realizar el modelo matemático que permitió optimizar la ruta. Este tipo de problema de programación lineal debe ser realizado con variables binarias.

Primero se obtiene una lista de los afiliados donde se ordena con el sistema ABC teniendo como referencia la CIC (cuenta individual de capitalización) para ordenarlos de mayor CIC a menor CIC.

La figura 6 representa las diferentes variables con su respectivo CIC, ordenadas de forma descendente.

Nº	AFILIADO	CIC (soles)
1	X1	1.544.869,38
2	X2	299.382,58
3	X3	291.068,92
4	X4	266.088,92
5	X5	206.086,34
6	X6	195.302,86
7	X7	191.848,59
8	X8	185.207,86
9	X9	165.700,39
10	X10	154.971,34
11	X11	96.752,95
12	X12	89.210,45
13	X13	86.507,17
14	X14	77.055,16
15	X15	73.882,78
16	X16	72.261,44
17	X17	69.090,86
18	X18	54.703,26
19	X19	53.407,43
20	X20	52.623,73
21	X21	52.577,46
22	X22	51.947,08
23	X23	51.324,14

Figura 6 : Lista de afiliados con su respectivo CIC

Posteriormente se busca la ubicación de los afiliados utilizando los diferentes GPS para conocer su localización precisa y determinar la distancia entre ellos. Para asegurar la ubicación exacta, “se utilizaron los softwares Google Earth, Google Maps y GPS, con estos se ubicarían las direcciones y se marcaría el respectivo destino o punto en el mapa” (Reyes, Tiravanti & A 2017).

Una vez determinadas las distancias entre los afiliados, se procede a organizar los datos en una matriz que permita visualizarlos de forma organizada y gráfica para facilitar el desarrollo del modelo matemático que permitirá optimizar la ruta. En este ejemplo se toma la distancia entre una ubicación y otra y se contempló una distancia euclidiana, lo que hace referencia a una longitud en línea recta entre punto y punto.

Se proceden a ingresar los datos en el programa WinQSB dando como resultado la ruta óptima que debe recorrer el comercial para visitar cada uno de los afiliados. (figura 7)

05-04-2017	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	108.33	13	Node18	Node19	702.13
2	Node2	Node3	345.88	14	Node19	Node22	651.8500
3	Node3	Node4	207.1	15	Node22	Node23	223.81
4	Node4	Node8	922.8900	16	Node23	Node5	M
5	Node8	Node9	2492.290	17	Node5	Node10	M
6	Node9	Node6	1489.570	18	Node10	Node14	M
7	Node6	Node7	402.3000	19	Node14	Node15	153.74
8	Node7	Node11	2842.560	20	Node15	Node17	538.56
9	Node11	Node12	807.6700	21	Node17	Node20	897.12
10	Node12	Node13	2479.770	22	Node20	Node21	824.62
11	Node13	Node16	2183.840	23	Node21	Node24	1009.980
12	Node16	Node18	473.3900	24	Node24	Node1	10968.72
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	M
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

Figura 7 : Tabla de ruta optima de recorrido

Para permitir una mejor visualización de la ruta óptima, se puede visualizar en la gráfica que aparece en la figura 8:

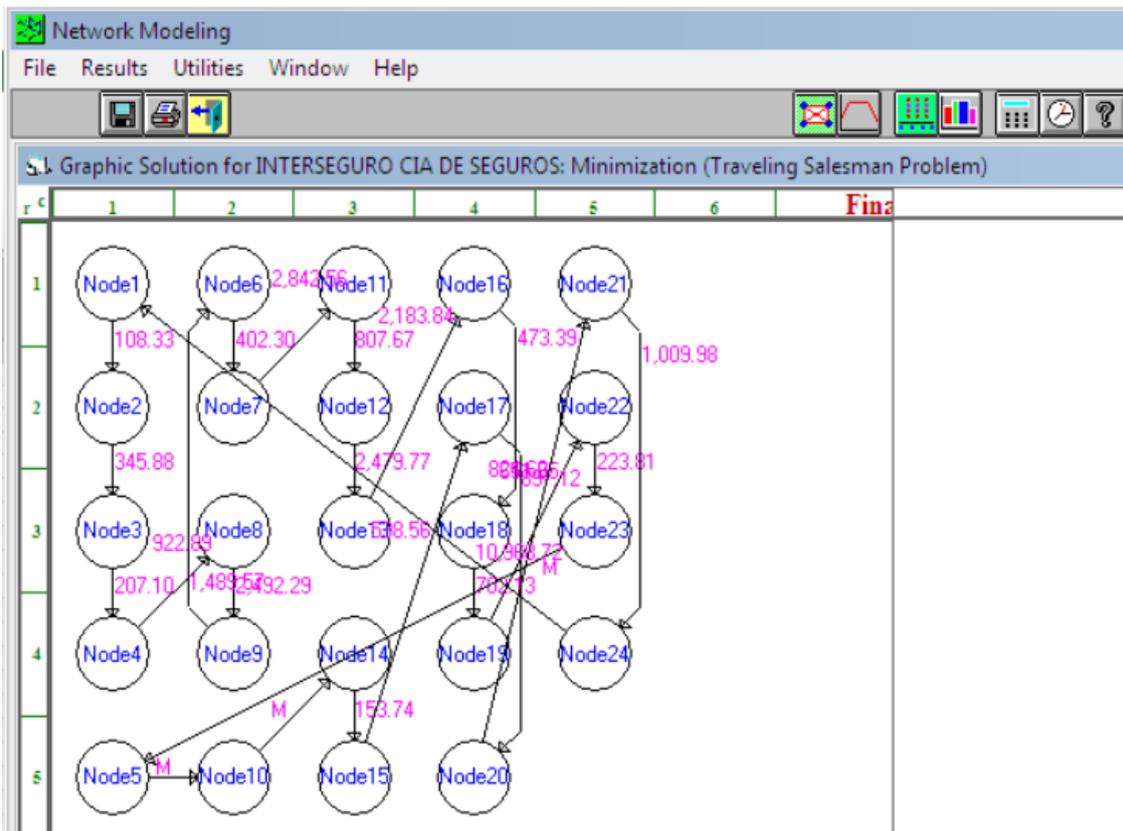


Figura 8 : Gráfica de ruta óptima de recorrido

Como resultado, se concluye entonces que la ruta óptima es: 1-2-3-4-8-9-6-7-11-12-13-16-18-19-22-23-5-10-14-15-17-20-21-24-1

La figura 9 y la figura 10 muestra la ruta óptima, utilizando los datos de la matriz de la figura 8 y el modelo matemático planteado anteriormente. En conclusión, se obtuvo una distancia de 30,725.12m ahorrando 47,567.43 m de recorrido con esta ruta ideal. Este ahorro hace referencia al 60,72% del anterior recorrido realizado por el comercial. Aplicando el modelo matemático basado en el problema del agente viajero se minimizó la distancia de recorrido ahorrando tiempo y distancia, mejorando así la productividad al permitir realizar más visitas.

3. Metodología

Con el objetivo de mejorar la productividad en la planta de Conforama, se reorganizará el Lay-out con el inventario ABC, teniendo en cuenta la rotación de los productos para garantizar que cada producto esté ubicado de forma estratégica. Adicionalmente, se creará un algoritmo con la ayuda de la programación lineal, basado en el modelo del viajero que optimice la ruta de recogida de los pedidos.

Para lograr lo anterior, la metodología del presente trabajo se dividirá en dos fases: una de análisis y una fase de desarrollo.

Fase 1 (Análisis): Se realizará un análisis interno de la operación de DHL empezando con el análisis FODA que permitirá tener una visión general de la planta de distribución. Posteriormente, con ayuda del diagrama de Pareto, se determinarán los problemas que generen una mayor pérdida de tiempo en el proceso de recogida de los productos.

Fase 2 (Desarrollo): Con ayuda de la programación lineal, se creará un algoritmo único y específico para la planta de distribución de Conforama que dará como resultado la ruta óptima de recogida de los productos. Adicionalmente, con el inventario ABC se realizará la reestructuración necesaria en el Lay-out para obtener resultados óptimos.

3.1 Procedimiento

En primer lugar, se realizó un análisis FODA que permitió identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la planta de distribución. Lo anterior con el objetivo de construir una visión general de la planta. Posteriormente se realizó un análisis de Pareto donde se identificaron los problemas más relevantes y más influyentes en la operación.

El siguiente paso fue realizar un inventario ABC, donde se tuvo en cuenta la rotación de cada uno de los productos para optimizar la distribución en planta y de esta forma conseguir una mejor organización. Esto permite una mejora significativa en los tiempos de recorrido del operario. Por lo último, se planteó un modelo de programación lineal que considera todas las restricciones de la planta.

3.2 Instrumentos empleados

Para llevar a cabo el análisis se optó por utilizar la herramienta de Microsoft Excel, esta herramienta permite crear gráficas y tablas donde se representaron visualmente los resultados del estudio. Adicionalmente, para el desarrollo del modelo matemático se utilizó la herramienta Solver de Excel, siendo esta fundamental para conseguir la solución óptima en los diferentes escenarios planteados.

4. Resultados y discusión

4.1 Análisis FODA

Es importante tener una visión estratégica de la planta y su capacidad, algo que se consigue a través del análisis FODA, que proporciona una evaluación del entorno de la empresa.

Con este análisis se identificarán las fortalezas y debilidades, desde la operativa hasta posibles problemas dentro de la planta. Con esta información se podrán crear estrategias para maximizar las oportunidades a la vez que se prevén posibles amenazas.

Considerando la gran variedad de productos y referencias, y que no se cuenta con un software especializado que permita desarrollar un algoritmo con más de 300 variables, este proyecto se realizó únicamente teniendo en cuenta los productos del grupo 1 (muebles del hogar).

El análisis FODA (tabla 9) permitió identificar 3 debilidades principales, que fueron consideradas para realizar el diagrama de Pareto.

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación estratégica de la planta de distribución facilita la recibida de productos y despacho a los diferentes puntos de venta. - Gran capacidad de almacenamiento en la planta de distribución. - Personal capacitado para la labor requerida con un ambiente laboral positivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alianzas estratégicas con proveedores de distribución, entre otros. - Optimización en el lay-out para incrementar la productividad de los operarios en planta. - Aumentar la productividad operativa de la planta de distribución.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Ineficiencia en tiempos de recogida, preparación, entre otros. - Mala optimización en lay out: El lay-out está organizado por grupos de productos sin tener en cuenta otras variables como la rotación. - La ruta de recogida de los productos es decidida deliberadamente por cada operario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la demanda del consumidor: tanto los productos como la demanda de los consumidores cambian a medida que pasa el tiempo y las temporadas. - Costes operativos para la logística de la planta - Competencia

Tabla 9 : Análisis FODA de Conforama

4.2 Diagrama de Pareto

Tras identificar las debilidades que pueden resultar en un problema o incidencia, se realizó un diagrama de Pareto que tuvo en cuenta la cantidad de veces que un operario tardó más de determinado tiempo en recoger un producto.

Para facilitar la comprensión, se consideraron 4 tiempos mencionados anteriormente:

1. >56 segundos
2. >40 segundos
3. >25 segundos
4. >32 segundos

Para cada categoría de tiempo, se debe considerar el número de incidencias que se repite en un día. En otras palabras, se debe identificar de 850 productos que un operario recoge al día, cuántas veces tarda más de un determinado tiempo:

- Un operario recoge en promedio 595 productos al día, de los cuales 222 tienen un tiempo de recogida mayor a 56 segundos.
- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 147 tienen un tiempo de recogida de 40 a 56 segundos.
- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 119 tienen un tiempo de recogida de 25 a 32 segundos
- De los 595 productos que recoge en un operario al día, 107 tienen un tiempo de recogida de 32 a 40 segundos.

INCIDENCIA	FRECUENCIA	RANKING	POSICIÓN REAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA	CORTE
>56 segundos	222	1	1	37%	37.3%	80.0%
>40 segundos	147	2	2	25%	62.0%	80.0%
>25 segundos	119	3	3	20%	82.0%	80.0%
>32 segundos	107	4	4	18%	100.0%	80.0%
Total	595					

Tabla 10 : Datos del Diagrama de Pareto

La tabla 10 permite una mejor visualización de las incidencias, la frecuencia de esas incidencias, el ranking de mayor a menor incidencias, el porcentaje de cada incidencia y el porcentaje acumulado. Esta tabla permite crear el diagrama de Pareto (Figura 9), dónde se ven las barras, incidencia y porcentaje. El eje X hace referencia a la categoría de tiempo, el eje Y (izquierda) son el número de incidencias de cada una de las categorías y el eje Y (derecha) es el porcentaje de participación acumulada de cada una de esas categorías teniendo en cuenta las incidencias.

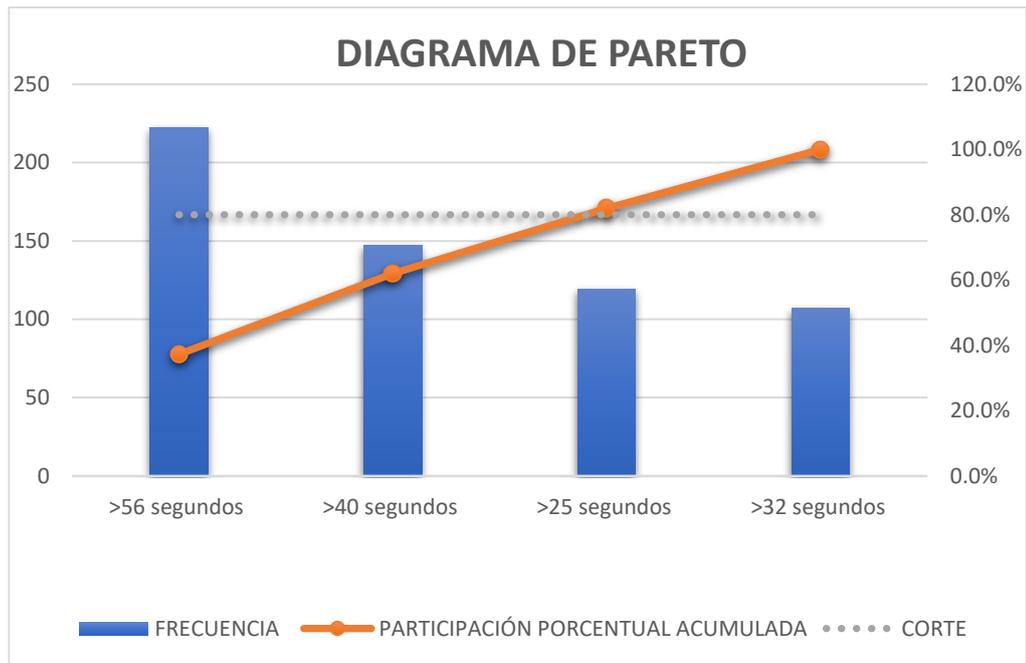


Figura 9 : Diagrama de Pareto

En este diagrama se puede ver que la categoría de tiempo “>56 segundos” es el problema más frecuente y por ende el que más tiempo malgasta en la operación. La línea naranja es la participación porcentual acumulada que hace referencia al porcentaje acumulado de incidencias que se les atribuye a los problemas expuestos.

La barra con más incidencias (categoría de tiempo “>56 segundos”) se le atribuyen un 40% del total de las incidencias de tiempo pedido. Al considerar también la segunda categoría de tiempo más frecuente (la categoría de tiempo “>40 segundos”), se puede observar que el 67.1% de las incidencias están en las dos primeras barras. Es importante recalcarlo debido a que las herramientas a utilizar servirán para mejorar esos tiempos de recogida, mejorando la productividad de la planta.

Este diagrama permite la visualización del problema, lo que facilita la toma de decisiones y las medidas a implementar. La programación lineal permitirá la optimización en la ruta de recogida de los productos, por lo que la cantidad de veces que un operario tarde más de 56 segundos recogiendo un producto disminuirá. Del mismo modo, la reestructuración del Lay-out tomará

en cuenta la rotación de los productos para una mejor distribución y ubicación en planta. La combinación de estas dos técnicas permitirá mejorar la productividad de la planta de forma significativa optimizando tiempos y reduciendo gastos dentro de la empresa.

4.3 Inventario ABC

El inventario ABC permitirá optimizar la organización de productos actual de la planta de almacenamiento de Conforama. Como resultado, se optimizarán los tiempos de recorrido y se aumentará la productividad. Para esto, es necesario analizar el lay-out de los productos del grupo 1 que corresponde a los muebles del hogar (tabla 3).

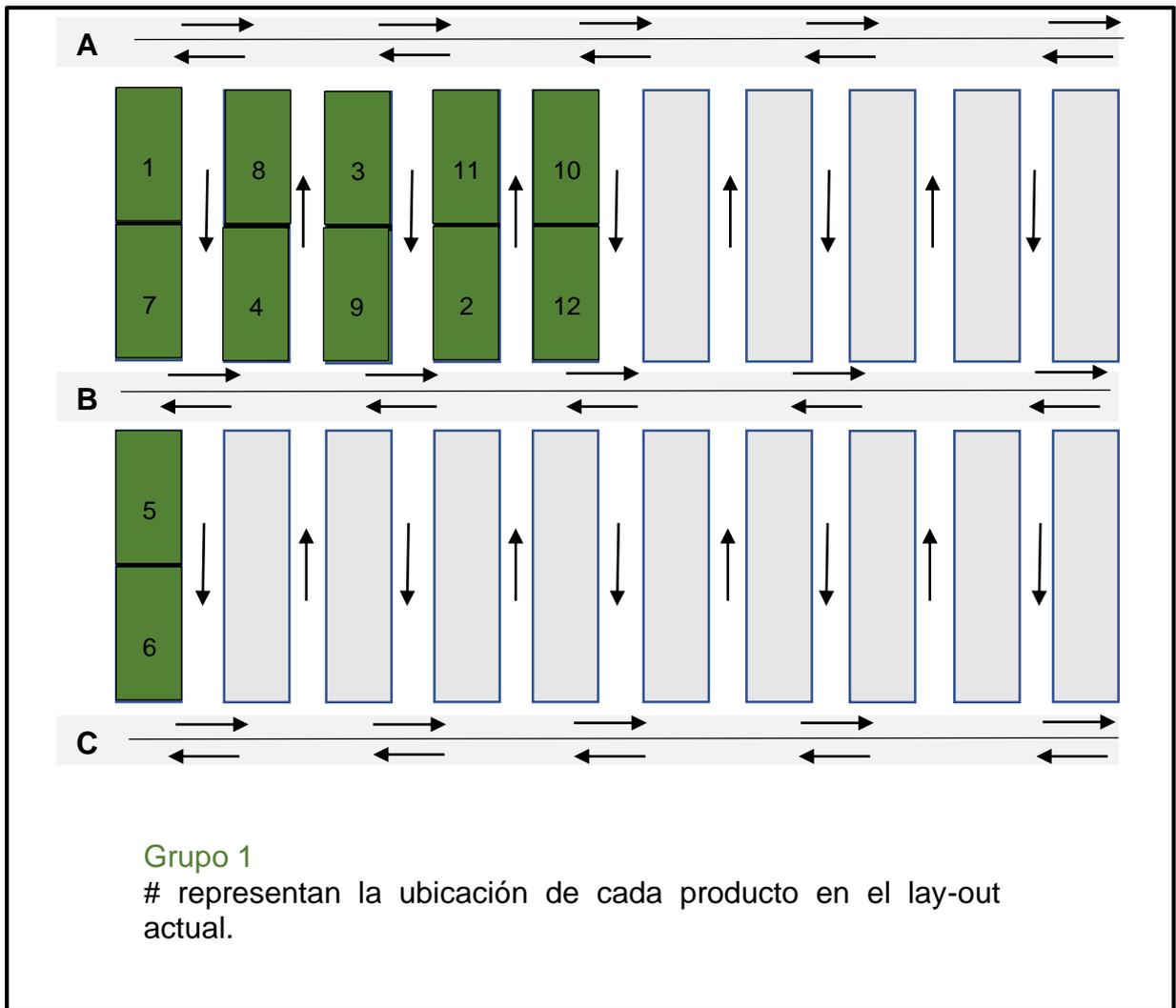


Figura 10 : Lay-out de los productos del Grupo 1 (Muebles del hogar).

La figura 10 permite observar la distribución con la que se opera actualmente en Conforama. Para lograr un mayor entendimiento, se debe considerar si la organización actual tiene en cuenta factores como la rotación del producto. Al considerar la rotación de cada producto (Tabla 3), se evidencia que posiblemente no exista una relación entre el posicionamiento de los productos y su rotación.

Posteriormente se realiza un análisis de inventario ABC teniendo en cuenta las rotaciones mencionadas en la Tabla 3:

Posición antigua(sin considerar rotación)	POSICIÓN REAL (considerando rotación)	INCIDENCIA ORDENADA	Rotación	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADA
2	1	SILLONES	21%	21.0%
1	2	SOFAS	18%	39.0%
4	3	COLCHONES	14%	53.0%
3	4	PUFS	13%	66.0%
8	5	BASES Y SOMIERES	10%	76.0%
5	6	CAMAS	8%	84.0%
6	7	MUEBLES	5%	89.0%
10	8	CANAPES	3%	92.0%
12	9	ROPA DE CAMA	3%	95.0%
11	10	DORMITORIOS	2%	97.0%
9	11	COMPLEMENTOS PARA COLCHONES	2%	99.0%
7	12	CABECEROS	1%	100.0%

Tabla 11 : Datos del Grupo 1 con rotaciones acumuladas

La tabla 11 muestra la rotación de los 12 productos del grupo 1 y permite comparar la posición real de los productos en el lay-out actual y la posición óptima (posición real). Para determinar posición óptima, se consideraron los productos de mayor rotación en las posiciones más bajas (1,2,3...) mientras que los de menor rotación en las posiciones más altas (10,11,12...). El producto en ranking 1 (sillones) tuvo la mayor rotación (21%) mientras que el producto de la posición 12 (cabeceros) tuvieron una rotación del 1%.

La participación porcentual acumulada, refleja el porcentaje total acumulado de los productos de forma ascendente. Esto quiere decir que indica la contribución acumulada de cada producto desde el que tiene más rotación hasta el que tiene menos rotación. Esto sirve para ver la distribución 80-20 debido a que con 4 productos se llega al 70% de rotación total del grupo 1.

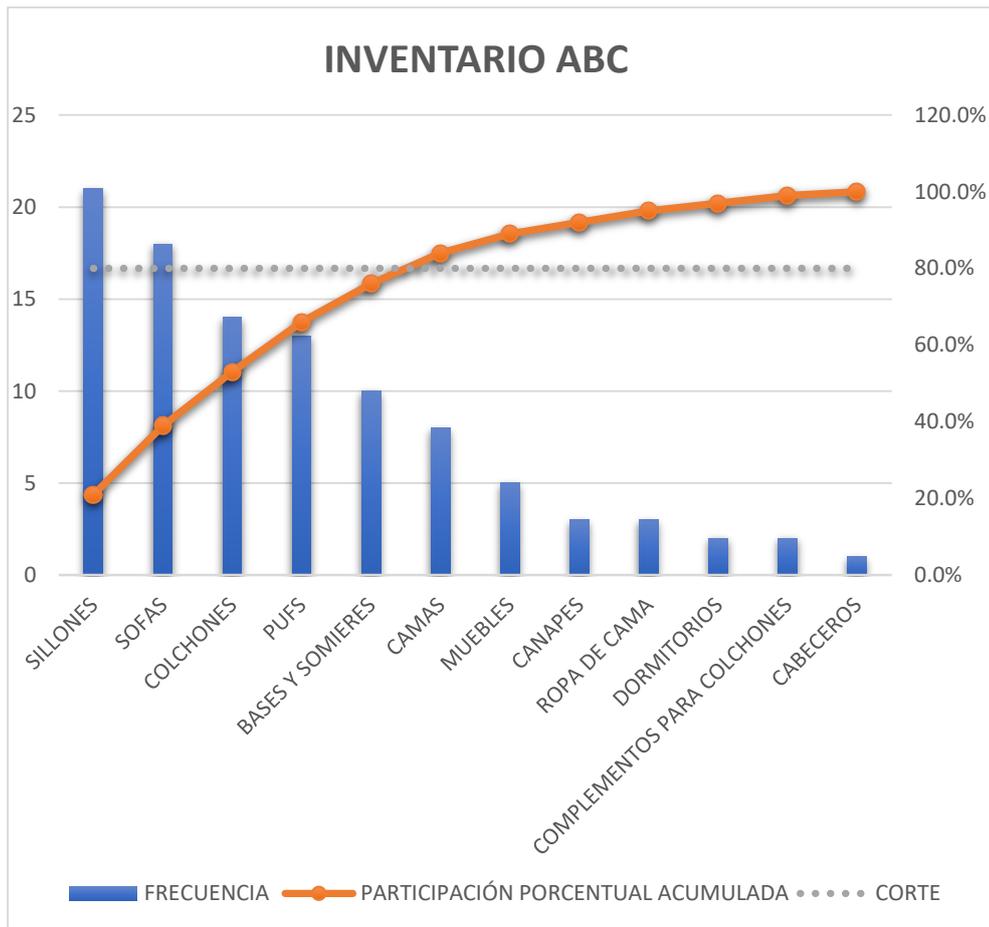


Figura 11 : Gráfica inventario ABC

En la figura 11 constituye una representación gráfica y ordenada de los productos con mayor rotación a los productos de menor rotación. Al igual que en el análisis de Pareto, se observa que con los primeros 5 productos se obtiene el 80% de la rotación total del grupo 1 de productos. Por esta razón es conveniente ubicarlos de forma que se tenga en cuenta esta rotación para su mejora en tiempos de recogida.

En la figura 12 se puede ver la organización óptima entre estos productos, que permite lograr una mejora en el recorrido de tiempo de un producto a otro y donde se tiene en cuenta el inventario ABC en el que cada producto se clasifica según su peso de rotación.

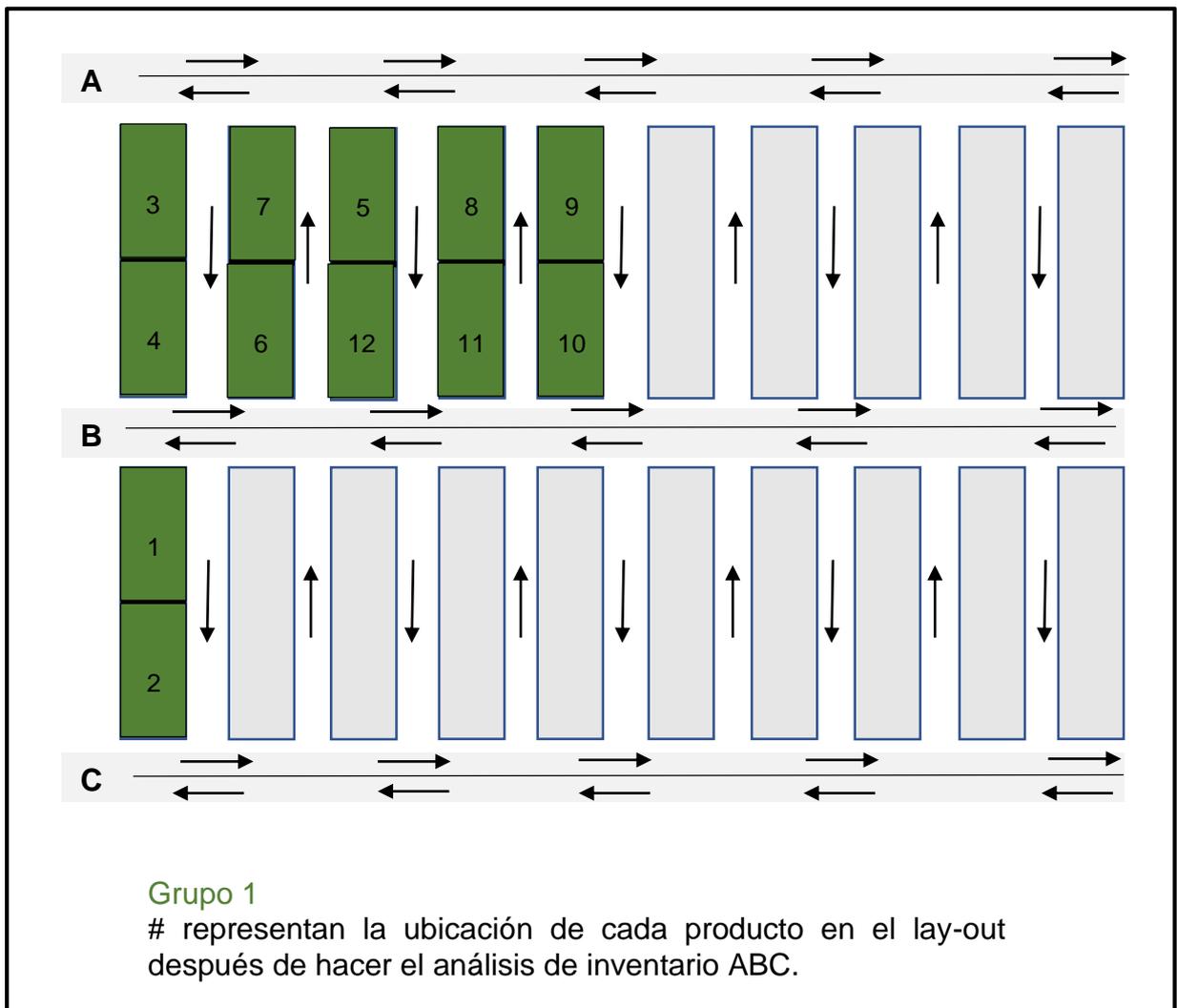


Figura 12 : Nuevo lay-out de los productos del Grupo 1 (Muebles del hogar).

En la figura 12 se puede observar que los productos que componen el 80% de la rotación total de todo el grupo están uno al lado del otro por su constante recogida. Esta mejora en la distribución permite ganar tiempo valioso para aumentar la productividad de la planta de distribución.

4.4 Modelo de programación lineal

Con este modelo de programación lineal se busca optimizar el tiempo de recogida, escogiendo la ruta con menor distancia teniendo cuenta las diferentes restricciones presentes en la planta de distribución de Conforama.

Con el lay-out se puede conocer la ubicación, distancia y altura en la que esta cada uno de estos productos para buscar minimizar el tiempo de recorrido que se toma un operario en recoger un pedido con una lista determinada de productos. Por esta razón se tiene en cuenta el problema del agente viajero, que determina que se debe pasar por un número determinado de puntos sin repetir un camino (ya que sería improductivo) en el menor tiempo posible.

La ubicación de los productos se establece según el número de la estantería y el piso en el que se encuentra almacenado el producto, lo que podría incrementar el tiempo de recogida cuando un producto está en un piso más alto o a una mayor distancia.

Para empezar, se deben definir y entender las variables y las restricciones. Se establece que el planteamiento más óptimo para este problema de tipo del agente viajero teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos de Conforama es el siguiente:

Función objetivo:

$$FO = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=i}^7 X_{ij}$$

(Ecuación 14)

Restricciones:

$$\sum_{i=1}^7 X_{ij} = 1$$

(Ecuación 15)

$$\sum_{j=1}^7 X_{ij} = 1$$

(Ecuación 16)

$$X_{ij} = \text{binarias}$$

(Ecuación 17)

X_{ij} = 1 cuando se recoge el producto

X_{ij} = 0 cuando no se recoge el producto

La función objetivo (Ecuación 14) busca minimizar el recorrido de recogida de los productos.

La Ecuación 15 determina que todas las $l=1$ y que en las j (1 - 7) debe haber máximo un 1, que determina el producto a recoger.

La Ecuación 16 determina que todas las $j=1$ y que en las i (1 a 7) debe haber máximo un 1, que determina el producto a recoger.

La Ecuación 17 determina que las variables son binarias y que únicamente existen dos posibles respuestas. El resultado de 1 determina los productos a recoger, mientras que el resultado 0 determina aquellos que no deben ser recogidos.

Tras la reorganización en el lay-out (Figura 14) de los productos del grupo 1 con la herramienta de inventario ABC, se extraen los tiempos de recorrido de un producto a otro en una matriz.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	0	20	35	53	45	22	60	56	36	76	34	42
X2		0	38	43	57	54	41	48	45	46	38	57
X3			0	27	36	32	32	58	68	69	50	41
X4				0	39	29	45	64	25	64	30	40
X5					0	62	36	75	59	34	32	33
X6						0	49	58	69	33	38	36
X7							0	57	49	43	45	54
X8								0	39	56	59	50
X9									0	65	45	65
X10										0	26	47
X11											0	31
X12												0

Tabla 12 :Matriz de datos de tiempos de recorrido de un producto a otro.

Con esto datos se plantea la solución con programación lineal; la variable X_{ij} representa el tiempo de recorrido de un producto a otro y se visualiza en la matriz (Tabla 12) como la intersección entre los productos.

Se utiliza la herramienta Solver de Microsoft Excel, donde se introducen los datos de la tabla 12 y el modelo de programación lineal para obtener la ruta óptima que debe tomar el operario para realizar la recogida de los productos.

Para desarrollar la metodología se consideran 6 pedidos de 7 referencias de productos diferentes para sacar una media, con el fin de comparar los KPIs anteriores y los KPIs nuevos.

Primer pedido:

Productos: X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7

A continuación, se exponen los pasos que se siguieron para realizar el desarrollo del modelo de programación lineal:

En primer lugar, se insertan los datos en una tabla, donde se tendrá en cuenta el modelo planteado (función objetivo y restricciones) y con la ayuda de la herramienta Solver se obtendrá la ruta óptima.

PRODUCTOS							
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
x1	1000	44	67	54	46	45	47
x2			56	32	58	53	59
x3				39	61	76	55
x4					38	49	31
x5						65	39
x6							68
x7							

Figura 13: Tabla de Excel pedido 1

En todos los casos cuando i y j son iguales se penaliza con el número 1000. Lo anterior se debe a que significaría ir de un producto al mismo producto, y penalizarlo permite que el programa no lo tenga en cuenta. Al ser una matriz simétrica, todas las distancias de la diagonal superior derecha son iguales a las distancias de la diagonal izquierda. (figura 13)

La herramienta Solver obtiene como resultado una matriz donde se pueden ver todos los productos en las filas y las columnas, y determina el recorrido que se debe tomar al mostrar un número 1 en los productos a recoger y un 0 en los productos que no se deben recoger.

SOLUCIÓN	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
x1	0	0	0	0	1	0	0
x2	0	0	0	0	0	1	0
x3	0	1	0	0	0	0	0
x4	0	0	1	0	0	0	0
x5	0	0	0	0	0	0	1
x6	1	0	0	0	0	0	0
x7	0	0	0	1	0	0	0

Figura 14: Solución de Solver

Como se puede observar en la figura 14, empezando desde la fila X1 se toma la primera columna que tenga un 1, en este caso la columna 5. Se salta a la fila 5 y se toma la primera columna con un 1. Este proceso se repite hasta tener el recorrido total de todos los productos.

Recorrido: 1-5-7-4-3-2-6

En la figura 15 el resultado del tiempo total de recogida:

Función objetivo: minimizar el recorrido total entre productos

309

Figura 15: Tiempo de recorrido del pedido 1

Los 309 segundos representan 5,15 minutos. Se sigue el mismo proceso 5 veces más para crear la tabla 13 y determinar el promedio de tiempos de recorrido de diferentes pedidos constituidos por productos variados. Lo anterior permitió a su vez comparar los indicadores de rendimiento (KPIs).

Pedidos	Lista de productos	Recorrido optimo	Segundos de recogida	Minutos de recogida
1	X(1,2,3,4,5,6,7)	X(1,5,6,4,3,2,6)	309	5,15
2	X(1,2,3,4,5,6,8)	X(1,6,2,8,3,4,5)	327	5,45
3	X(1,2,3,4,5,6,9)	X(1,6,2,3,5,4,9)	314	5,23
4	X(1,2,3,4,5,6,10)	X(1,6,10,5,4,3,2)	286	4,76
5	X(1,2,3,4,5,6,11)	X(1,5,11,6,5,4,2)	307	5,11
6	X(1,2,3,4,5,6,12)	X(1,6,4,3,2,5,12)	313	5,21

Tabla 13 :Rutas de los 6 pedidos obtenidas de Solver.

En la tabla 13 se pueden visualizar los 6 pedidos, cada uno con diferentes referencias de productos del grupo 1. Además, se pueden observar los

recorridos óptimos para cada pedido, los tiempos de recogida en segundos y en minutos.

4.5 Comparación de KPIs

Las técnicas de investigación de operación empleadas permitieron optimizar significativamente el proceso de recogida de productos en una planta de distribución. Este resultado óptimo se dio tras realizar diferentes simulaciones y recopilar los datos de salida.

Para poder comparar los datos obtenidos con los datos actuales se analizan y sacan los mismos KPIs que se establecieron en la empresa. Para obtenerlos, se tienen en cuenta las 6 pruebas de pedidos que se hicieron anteriormente en la tabla 13, dando como resultado:

KPI	Valor	Medida
Numero promedio de líneas por operario en una jornada laboral	93	Líneas
Tiempo promedio por líneas	5.15	Minutos
Número promedio de productos recogidos por un operario en 85 líneas (una jornada laboral)	651	Productos

Tabla 14 :KPIs de los 6 pedidos de estudio.

Estos resultados reflejan el valor óptimo obtenido después de realizar el estudio con las condiciones y restricciones que este problema requiere.(tabla 14)

Para continuar con el análisis es importante comparar los KPIs de la operativa actual de Conforama y los KPIs obtenidos después de haber realizado todas las técnicas anteriormente expuestas.

KPI	Valor actual	Valor TFG	Medida
Numero promedio de líneas por operario en una jornada laboral	85	93	Líneas
Tiempo promedio por líneas	5,6	5.15	Minutos
Número promedio de productos recogidos por un operario en 85 líneas (una jornada laboral)	595	651	Productos

Tabla 15 : Comparación de los KPIs actuales con los de estudio.

Al comparar los resultados obtenidos como aparecen en la tabla 15 después de utilizar las herramientas expuestas y creando el modelo matemático se puede observar que el numero promedio de líneas por operario en una jornada laboral sube un 9,4% optimizando el recorrido durante la recogida de los productos. Así mismo, se observa que el tiempo promedio por línea disminuye un 8% pasando de 5,6 minutos por línea a 5,15 minutos, lo que demuestra la mejoría en los tiempos empleados por los operarios. Por último, el número de productos promedio recogidos por un operario aumenta a 651, lo que es un 9.4% más de producto que se pueden recoger al día por operario.

Los resultados obtenidos brindan una visión general de la planta de distribución. El análisis FODA representó un punto de partida general para lograr un mayor entendimiento de la operación de la empresa y así determinar acciones y estrategias a implementar. Este análisis permitió identificar las tres debilidades principales de la operación. En primer lugar, la ineficiencia en tiempos de recogida y preparación, que hace referencia a los procesos ineficientes que aumentan los tiempos de recogida de los productos. Como establece Ramírez (2017) las debilidades son factores internos que la empresa puede controlar y que pueden ser mejorados. En segundo lugar, la falta de organización en el layout afecta directamente los tiempos de recogida de los pedidos, especialmente si no se considera la rotación de los productos. La literatura determina que, para la creación de estrategias efectivas en una empresa, debe haber primero un análisis que permita visualizar el problema de forma general (Ramírez, 2017). La última debilidad hace referencia a que los operarios deciden la ruta de recogida de los productos, dando como resultado ineficiencia en el recorrido.

Las tres debilidades identificadas influyen directamente en la productividad de la empresa, por lo tanto, determinar la base del problema es imprescindible para implementar una estrategia efectiva. Como establece Juran (1950, citado en García, 2023) el 20% de las causas resuelven el 80% del problema. Lo anterior quiere decir que únicamente centrándose en el 20% de las causas la productividad incrementa. Tras analizar los tiempos de recorrido de los operarios al preparar un pedido y visualizarlos en el diagrama de Pareto, se pudo observar que de los 595 productos que recoge un operario a día, el 29% (177 productos) de los productos le toman 56 segundos, y el 20% (121 productos) le toman entre 40-56 segundos. Esto equivale al 65% del tiempo en su jornada laboral, lo que indica que el tiempo de recogida de los productos debe ser optimizado para mejorar la productividad.

4.6 Discusión

La organización del inventario es fundamental para la optimización del proceso de recogida de los productos. El análisis de Pareto representa una guía para categorizar los productos, considerando aspectos como la rotación para establecer una organización determinada. Aaron & Vargas (2013) expusieron que esta herramienta debe ser usada como estrategia para distribuir los productos en función de su relevancia. En este orden de ideas, tras realizar el análisis se logró establecer que el 80% de la rotación de los productos del grupo 1 estaba definida por 5 referencias de productos. Esto indica que los 5 productos que determinan la rotación deberían estar posicionados en un lugar estratégico para optimizar todos los tiempos de recogida.

La estrategia propuesta en el presente estudio consiste en un modelo matemático que permite minimizar el recorrido de los operarios al realizar un pedido. Alzate (2022) expone que el objetivo de la modelación matemática es describir las condiciones puntuales de un problema a resolver. Lo anterior significa que es necesario tener en cuenta las características de la planta y sus condiciones puntuales. El modelo matemático permitió determinar una ruta óptima que influye directamente en la productividad. Esto porque tiene en cuenta las diferentes restricciones que el problema requiere. Para comprobar la efectividad de las nuevas rutas, se compararon los KPIs previos y actuales consiguiendo una mejora del 9% en el proceso de recogida.

El algoritmo desarrollado permite mejorar la productividad de la planta de Conforama, aunque deben considerarse sus limitaciones. En primer lugar, para el desarrollo de este modelo, se empleó Microsoft Excel con la herramienta Solver que permite hasta 300 variables. Lo anterior implicó una reducción en las referencias consideradas para el estudio. Posiblemente al emplear un software más avanzado, se podría desarrollar un modelo que tenga en cuenta todas las referencias de productos de Conforama. Si bien el modelo es útil para determinar la forma en la que mejoraría la productividad de los operarios, implementarlo

requeriría un cambio en el software interno de la empresa. Esto se debe a que el programa actual no cuenta con la herramienta necesaria para resolver modelos matemáticos. Por lo tanto, se debería implementar un software que integre tanto el inventario y pedidos, integrando modelos de programación lineal para determinar una ruta que posteriormente será seguida por los operarios. Lo anterior supone un reto tanto logístico como económico para Conforama, además de un esfuerzo y gestión del cambio para la adaptación de los operarios al nuevo sistema.

5. Conclusión

En el campo de la ingeniería industrial una de las herramientas con mayor valor e impacto en la productividad en las empresas es la investigación de operaciones. A lo largo de este trabajo se estudió de forma concreta cómo se puede mejorar la productividad, optimizar los recursos y se identificaron fallos en la operación.

Se requirió una visión general de planta de distribución, por lo que se utilizó la herramienta de análisis FODA donde se pudieron concluir los factores internos y externos que afectan la operación de la empresa. Desde este punto al tomar las debilidades (factores internos que la empresa tiene el poder de cambiar) se encontraron deficiencias en la toma de decisiones que repercutían directamente en los tiempos de recogida de los productos. El diagrama de Pareto permitió categorizar estas incidencias según los tiempos de recogida y número de productos recogidos por un operario. Este diagrama permitió determinar que los operarios tardan más de 40 segundos recogiendo productos lo que les significa el 65% del tiempo de trabajo total. A partir de lo anterior, se puede concluir que es imprescindible mejorar los tiempos de recogida de los productos para lograr un impacto significativo.

La estrategia del presente estudio consistió entonces no solo en el desarrollo de un modelo matemático, sino también en la reorganización de los productos en la planta con base en su rotación. La organización resulta fundamental para guiar la secuencia de recogida y que los operarios puedan seguir una ruta determinada. En dicha organización se priorizaron los productos de mayor rotación asegurando beneficios para la empresa.

Ahora bien, en cuanto al modelo de programación lineal se logró una mejora del 9% en los tiempos de recogida de los pedidos. Sin embargo, vale la pena destacar que el modelo matemático no podría ser desarrollado sin haber

realizado un análisis previo detallado de la operación de la empresa. El algoritmo determina las secuencias de recogida de productos óptimas para lograr la mayor productividad de la planta.

Al utilizar herramientas de investigación de operaciones se demostró que se puede tener un análisis tanto global como específico de la empresa, conociendo la raíz de los problemas en cada uno de los procesos estudiados, trae consigo posibles estudios que permiten mejorar la productividad de las empresas. Lo anterior abre un gran campo de oportunidades para la implementación de estrategias eficientes y efectivas.

6. Futuras líneas de investigación

Las conclusiones de este estudio permiten tener una base sólida que guíe investigaciones futuras. Posiblemente resulte interesante llevar a cabo un modelo matemático usando un software más avanzado que permita considerar más variables y restricciones. La implementación de un nuevo software para añadir el modelo de programación lineal permitiría una mejora considerable en la productividad de Conforama, abriendo la posibilidad de una ampliación el tema de productos y tiempos de los operarios. Adicionalmente, se podría estudiar la posibilidad de implementación de un modelo matemático no solo en el recorrido de recogida de los productos dentro de la planta de distribución, sino también en la distribución de los pedidos a los diferentes puntos de venta de Conforma en España y Portugal. Esto podría impactar positivamente la eficiencia de entrega ahorrando recursos para la empresa.

Referencias

- Aarón, S.O., & Vargas, J.W.P. (2013). Modelo de gestión de inventarios: conteo cíclico por análisis ABC. *Ingeniare*, (14), 107-111. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/617/479>
- Alzate, P.M. (2022). Investigación de operaciones: Conceptos fundamentales. Conforama. (2023). Tienda online de muebles y decoración. Conforama. <https://www.conforama.es/>
- Frazelle, E. H. (2001). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. The United States: McGraw-Hill Professional
- García, E. M. (2023). Aplicación del diagrama de Pareto para la priorización de problemas en la industria agroalimentaria.
- Masabel, R. E., & Paz, M. T. (2019). El método simplex en la optimización multicriterio. Recuperado de: https://ocw.ehu.eus/file.php/19/2._metodo_simplex.pdf
- Ramírez, J. L. (2017). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. Recuperado de: <http://148.202.167.116:8080/jspui/bitstream/123456789/1214/1/Procedimiento%20para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20un%20an%C3%A1lisis%20FODA%20como%20una%20herramienta%20de%20planeaci%C3%B3n%20estrat%C3%A9gica%20en%20las%20empresas.pdf>
- Rey, F. (2005). *Implantación del código de barras en una empresa de gran distribución*. Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3055>
- Reyes, A. J. Q., Tiravanti, L. M. V., & Ascón, J. E. G. (2017). Algoritmo del agente viajero para minimizar el recorrido de visitas programadas en una empresa de seguros. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 4(2). Recuperado de: [Vista de Algoritmo del agente viajero para minimizar el recorrido de visitas programadas en una empresa de seguros. \(uss.edu.pe\)](https://uss.edu.pe)
- Royo, C., Calvete, H. I., & Galé, C. (2021). Optimización de rutas en un almacén. Recuperado de: <https://zaguan.unizar.es/record/110285/files/TAZ-TFG-2021-3121.pdf>

Quero. L. (2008). Estrategias competitivas: estrategias clave de desarrollo.
Fundación miguel undamuno y jugo. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/782/78241004.pdf>

Indice de tablas

Tabla 1	: Tiendas de Conforama en España (Conforama, 2023).....	14
Tabla 2	: Tiendas de Conforama en Portugal. (Conforama, 2023).	15
Tabla 3	:Productos categoría del grupo 1: muebles del hogar (Conforama, 2023). 16	
Tabla 4	Productos categoría del grupo 2: artículos de decoración (Conforama, 2023).	17
Tabla 5	Productos categoría del grupo 3: artículos electrónicos (Conforama, 2023).	18
Tabla 6	:KPIs de Conforama. Información obtenida de Conforama.....	21
Tabla 7	:Descripción de las variables del análisis FODA (Ramírez, 2017). ...	22
Tabla 8	: Descripción de las secciones de un modelo de programación lineal. 26	
Tabla 9	:Análisis FODA de Conforama	37
Tabla 10	:Datos del Diagrama de Pareto.....	39
Tabla 11	:Datos del Grupo 1 con rotaciones acumulada.....	43
Tabla 12	:Matriz de datos de tiempos de recorrido de un producto a otro... 48	
Tabla 13	:Rutas de los 6 pedidos obtenidas de Solver.....	50
Tabla 14	:KPIs de los 6 pedidos de estudio.....	51
Tabla 15	: Comparación de los KPIs actuales con los de estudio.	52

Índice de figuras

Figura 1	: Historia de Conforama en la Península Ibérica (Conforama, 2023)	11
Figura 2	: Sala de exposición de la tienda de Conforama en Lanzarote (Conforama 2023).	12
Figura 3	: Lay-out de planta de distribución de Conforama. Elaboración propia	19
Figura 4	: Gráfico de un diagrama de Pareto (García, 2023).	24
Figura 5	: Diagrama de flujo construcción de un modelo matemático (Alzate, 2022).	28
Figura 6	: Lista de afiliados con su respectivo CIC	31
Figura 7	: Tabla de ruta optima de recorrido	32
Figura 8	: Gráfica de ruta optima de recorrido	33
Figura 9	: Diagrama de Pareto	40
Figura 10	: Lay-out de los productos del Grupo 1 (Muebles del hogar).	42
Figura 11	: Gráfica inventario ABC	44
Figura 12	: Nuevo lay-out de los productos del Grupo 1 (Muebles del hogar).	45
Figura 13	: Tabla de Excel pedido 1	49
Figura 14	: Solución de Solver	49
Figura 15	: Tiempo de recorrido del pedido 1	50